

線控機器人－「龍之子」號之設計與製作

The Design and Manufacturing of The Wired-Controlled-System of a Robot-「Son of Dragon」

中州電子隊

林正忠¹ 陳鴻傑² 陳咸亨² 陳明傑²

¹ 中州技術學院電子工程系助理教授

² 中州技術學院電子工程系專科部學生

摘要

本文乃將本隊製作中州電子隊機器人「龍之子」之製作經驗與改進過程整理而成，以期提供後學者參考，製作過程中原則上盡量尊重學生原始創意，讓其自我驗證自己的設計構想，整個設計基本理念在能夠達成預定功能的前提下盡量簡單化，盡量將多個動作以一、兩個按鈕或步驟即可完成，以減輕操控者的負擔。整個機構重點在以「四連桿+槓桿」的混合結構達到無段升降，四輪驅動。本隊最後獲得本屆比賽競賽獎第三名，驗證了整個設計理念是正確的。

關鍵字：線控機器人、四連桿、創思設計

Abstract

The paper is condensing all the experience in joining the Fourth National Competition of Creative Thinking and Design of Technology of Institute and University. A wired-controlled robot was built for climbing a inclined plane, going up and down the stair, pick up a doll and place it into a hole, etc. Complete all the required process of the competition by a main mechanism of combining a four-bar-linkage and a lever.

Keywords : wire-controlled-robot, four-bar-linkage, creative thinking and design

1. 簡介

本屆(第四屆)比賽是以三國演義之「過關斬將救少主」為主題背景，結合現代科技的競賽，於比賽過程設置種種關卡及障礙以考驗參賽隊伍，包括「勇闖曹軍」、「決戰長板坡」、「營救少主」、「衝出重圍」最後以先通過「拜見劉備」關卡者(將 Hello-kitty 娃娃放入高台之洞中)比賽即結束。比賽以通過關卡之各關分數累計，分數高者為優勝。藉著參與此項全國性比賽讓我們有機會整合所學，理論與實作並重，並和全國各技專院校參與隊伍共同切磋，為參賽之動機與目的。

2. 設計原理與學理分析

機器人之結構體可以分成兩個主要部份，(1)底盤—包括馬達、齒輪組及輪子。(2)升降抓取機構等。材料、零件之選用以市售之規格品為主。材料以鋁材為主，因為鋁質輕且堅固，加上簡化結構可大幅減輕重量，如此可減輕馬達負荷，相對增加速度與機動性。歷屆正式比賽時，臨時出狀況的情形不勝枚舉，可見整個系統的「可靠性」與「穩定性」是設計與製作時重要的考量因素，否則將功虧一簣。機械結構在整體設計上要求重心盡量壓低，可增加穩定性，簡化操控複雜度，驅動方式採小型吉普車所使用之馬達，所以動力足可應付本次的場地，操作盤也只有七個按鈕，操控起來，就更為簡單。輪子用小孩騎的小自行車輪子，原因是塑膠做的所以重量很輕，缺點是結構不夠強，會有些變形，和地面的摩擦力也不算大。

整台機器的接合採用螺絲、螺母、鉚釘及焊接等，視部位及負荷特性而定，其強度依強弱順序大致為焊接、螺絲及鉚釘，主結構主要材料採用製作鋁門窗用的鋁材，馬達與輪子間的帶動，採用鋼棒與承軸，來當作兩者間的橋樑，鋼軸和一圓鐵板焊接在一起，圓鐵板再鑽洞鎖在馬達齒輪組。爪子用外面抓娃娃機的機械爪子再加改裝而成，原為電磁驅動，但抓力不足，後改為馬達，

但速度太慢，最後再改為氣壓缸驅動。

為維持比賽之競爭力，整體硬體結構與動作機構必不能太複雜，因為若無法簡化系統無疑會增加操控員比賽時之負擔，重量也會增加，影響速度及操控性。歷屆正式比賽時，臨場狀況不斷發生，可見要完成全部關卡並不難，難在整個設計在簡化系統之同時，仍要維持功能之完整性與競爭力，方能在激烈競爭中脫穎而出，整體之取舍折衷有賴師生之共同努力與腦力激盪。

3. 硬體設計說明與設計技術內容分析

3.1 動力

機器人主體之移動及槓桿之升降採用電動馬達驅動，故動力來源為十二伏特充電電池，推打排球及機械爪子之張合採用氣缸驅動，動力來源為二氧化碳高壓氣瓶。

3.2 底盤

底盤負責支撐承載整個車體，此部份的設計要多花些心思，因為它不但承載了全部重量，還要承受通過各關卡時的劇烈撞擊，故耐用性為重要之考量，以使機器能在平常密集操練之後，在比賽當時還能維持正常功能。動力部份係利用四個娃娃吉普車之馬達暨齒輪組帶動小型自行車之塑膠輪子，此種馬達體積雖小，重量雖輕，但馬力速度可和較大型馬達比擬。採四輪驅動，左邊兩輪電源相同(同時轉或不轉)，右邊兩輪情形相同，但左右兩邊之電源各用一彈跳開關獨立控制，左右方向之控制是利用一邊轉，一邊不轉，或一邊正轉，一邊反轉來達到轉向的目的，類似坦克車之轉向機構。在馬達固定的方面，在啟動的同時，它會有較激烈的晃動情形，雖有螺絲固定，仍無法減少晃動程度，於是利用束線帶與鐵線把馬達與底盤作更周詳的保護，但難免還是會有搖晃的情況，只是減少了它的搖晃程度；而在整個機器中，由於後半部所負載的重量較大，故高壓氣瓶等其他組件，就盡量安裝在前方以維持重心不偏向後，使前後重量能平衡，另外重心設計上也要盡量壓低，過關卡才不會發生前傾後仰的情形。底盤骨架由數條鋁材組成，長 85 公分，寬 60 公分(不包括跨越懸崖機構)。

3.3 籃球推離機構

本來洞口籃球推離機構之原設計為運用一組馬達上面焊一根鐵條，用來推離籃球以抓取下方之 Hello-Kitty 娃娃，藉由馬達的轉動，鐵棒便會由籃球的下半部往上打，我們曾嘗試過許多的角度，例如縱打、橫打、偏左一點或偏右一點等，找到最容易使球滾開的點與推擊方式，但比賽規則公佈容許以車體撞離籃球，故改以滾輪的機構代替(如圖 1 之中間三個滾輪)，如此速度可再增加一些。最早期採用氣壓缸推離籃球(如右圖下)，但因籃球表面摩擦力太大，及並非剛體而表面變形，氣壓缸推出時常無法將球自洞口推出，甚而將車體抬起，故其間不斷的進行修改、測試與驗證。



圖 1 籃球推離機構(中間三個滾輪)

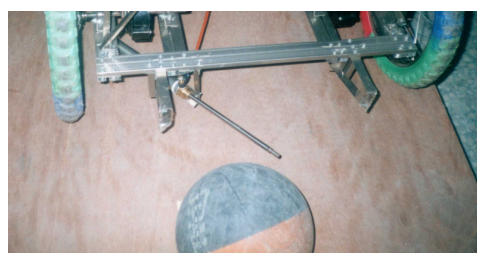


圖 2 籃球推離機構舊設計(氣壓缸)

3.4 排球推離機構

在決戰長板坡的敵軍埋伏關卡的推排球機構，採用長氣壓缸，最後甚至為了使速度達到極致，兩邊均採雙氣壓缸串聯推動，速度再加倍。

預知氣壓缸推出之後的落點，可用雷射筆事先校準，不過排球體積不算小，所以後來就不再刻意對的很準，決賽甚至不用雷射筆了。

3.5 升降機構

本次比賽本隊的致勝因素之一，是採用一個簡單，功能卻相當強大的機構，比其它複雜機構更好用（如圖 3），茲將其結構及特點說明如下：

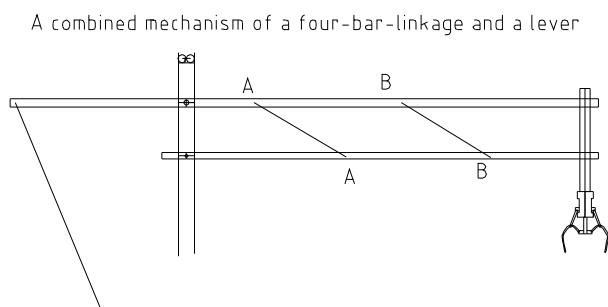


圖 3. 四連桿加槓桿原理之機械設計圖

升降機構主要構造為機械手臂採用四連桿和槓桿兩者並用的結構，其動作原理類似翹翹板，運用電動馬達捲動，拉線這邊則下降，另一邊抓頭則上升，而原本另一邊就有抓頭，重量較重所以只需馬達用彈跳雙向開關反方向運轉放鬆繩子，有抓頭的另一邊便下降，此種設計為無段升降，能停在升降範圍內任一位置，彈性較大，速度和氣壓缸相差不太多，初賽與決賽中，有數場比賽雙方阿斗均掉落地面，最後誰能迅速確實的重新抓取阿斗，完成拜見劉備關卡，為勝負關鍵，本隊的此設計在此種狀況中的確能迅速補救進而擊敗對手，而四連桿機構，能使抓頭在移動中永遠和地面垂直(如圖 3)，放置阿斗時恰在洞口正上方，和重力方向一致垂直放入，優點為確實穩靠，此亦為正式比賽中數場勝負關鍵之一，有好幾隊速度雖快，提前到拜見劉備關卡，但卻於放置阿斗時因機構設計關係，斜向放入 Kitty 娃娃，導致娃娃溜到洞口旁，再採取補救措施，想將娃娃撥入洞內，浪費寶貴時間，甚而娃娃掉落地面，加上娃娃抓取機構設計不佳，遲遲無法撿起娃娃，導致到手的勝利拱手讓人的可惜結果。

另外機械爪子採雙重升降，其方式如下：除原先之槓桿方式升降外，爪子本身再加氣壓缸控制升降，步驟如下：先起動電動馬達，放鬆繩子，讓槓桿包括抓頭的另一邊下降，我們在四連桿的上下之 A-A，B-B 處各接一條鐵絲，其長度恰巧在拉繩放鬆過頭時，A-A，B-B 兩點距離會因抓頭下降而變長，而將鐵絲拉緊，使槓桿機構無法再下降，目的使抓頭之爪子能恰好停留在阿斗娃娃洞口之正上方少許，而不會碰撞到地，(鐵絲用兩條之作用為增加剛性)，如此設計可兼有氣壓缸之自動定位效果，但無其缺乏彈性變換位置之缺點，如圖 4。在爪子降至阿斗娃娃洞口之正上方時，再啓動連接爪子 C 部份之氣壓缸，將爪子伸入洞內將娃娃抓起。爪子之開合亦以一短氣壓缸控制(原先用馬達開合，但速度太慢，遂改用短氣壓缸)，並利用調節氣閥，延遲爪子開啓時間使其在爪子降至阿斗娃娃位置時自動張開。將娃娃抓起並升起時亦同，抓頭機構在爪子合起來抓緊娃娃時亦以相同之延遲效果自動升起，如此可省下數個操控步驟，加快操控速度。

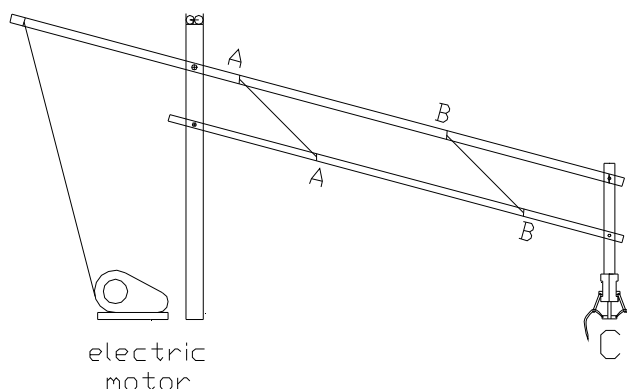


圖 4 升降機構之自動定位機構

此種槓桿加四連桿設計方式要注意的是拉動拉繩之馬達要相當夠力(包括捲動拉繩之捲動機構之強度)，由於抓頭另一邊包括兩條近兩米之四連桿機構之長鋁條，再加氣壓缸與爪子，又加槓桿原理之放大效果，使得馬達與捲軸負荷相當大，原先採用較小之馬達與減速齒輪組，屢屢發生捲軸斷裂情事，後來改用和底盤相同之馬達組，使問題獲得解決。

此部份之原先構想為採用如圖 5 之主結構體，升降方式則採用釣魚竿之伸縮方式，但經多方嘗試之後，有不少難以改進的缺點（如重心太高難以壓低，上坡、下坡會翻車，升降動作不確實(可能卡住)，釣竿晃動很厲害等），終宣告放棄，而重新修改成現有設計。



圖 5 機器人主結構體舊設計



圖 6 跨越懸崖設計

3.6 跨越懸崖機構

在這次的比賽中，有一個關卡是要跨越 40cm 的懸崖，當初爲了這關，曾想到在機台的中間多加一個輪子，希望能順利的通過，但測試之後毫無建樹，所以又想別的方式，因有 100 cm 的總長限制，所以不能增長機械的長度，在經歷一番的討論之後，就在前後兩端上加了鋁條與小輪子，當前輪掉入懸崖中時，前端的鋁條便能撐起整個機械，能避免機器卡在這關卡中，不過在掉入的那瞬間，前端鋁條便要撐住整台重量及撞擊力道，故設計上強度要求要高，否則容易變形，構造如圖 6。

3.7 顛簸路面

最初之原設計無法直接通過顛簸路面，經建議加裝一短氣壓缸以斜向推圓弧路面之一側，利用反作用力將機器人本體跨越兩主要大半圓柱狀結構，共助推二次即可跨越如圖 7 之二個大半圓柱狀結構，此法優點爲動作確實，比較不會有意料之外的狀況發生，但在講求以秒計時的激烈競賽中，此設計最後仍被放棄。在滿足比賽規定之車長內(車長限制主要在放置在起始線時，必須很穩固的放置在起始線內，車體任何部份不得超越此線上方，比賽平台之後端至起始線長度爲一公尺)，最後採修改車輪間距的方式(本隊之車輪直徑爲 39.5cm，大半圓柱直徑 20cm，小半圓柱直徑 10cm)。茲說明如下

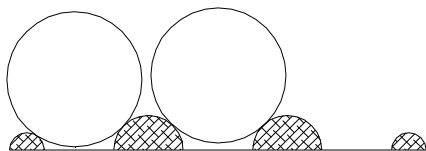


圖 7 最不容易通過之車輪間距

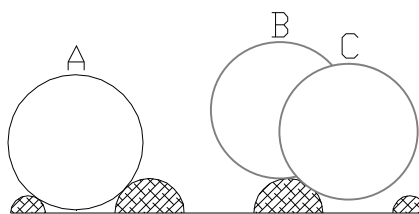


圖 8 比較容易通過之車輪間距

如圖 7 之車輪間距在通過半圓柱時，輪胎之起動仰角(等於爬坡度)最大，此時馬達之扭力需求最大，若此時馬達扭力不夠或輪胎之摩擦力不夠，導致打滑，兩者之一情形發生時，機器人便無法通過此關卡。以本隊經驗應盡量避免圖 7 之情形發生，因爲以上兩種情形很難避免。本隊最後採取如圖 8 之輪子間距，兩輪間距如 AC 爲最容易通過，AB 則次之，但 AC 間距太寬，不方便放在起始線之限制放置範圍內，故最後採用接近 AB 之間距，如此便可順利通過本關「衝出

重圍」了。在此關卡的另兩個重點之一為機器人避免斜向通過，否則會卡在顛簸路面出不來，另一重點是通過此關時結構體振動頗為劇烈，抓持阿斗娃娃的機械爪子設計上要特別注意，否則娃娃很容易被震出落地，事實上即使是正式比賽也常發生這種情形(包括本隊的一次，後因對方也同時湊巧落地，本隊提前撿起娃娃才解決危機)，此點亦為數場比賽之勝負關鍵因素。

4. 機器人製作流程圖

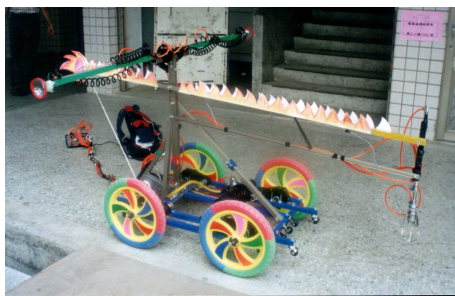
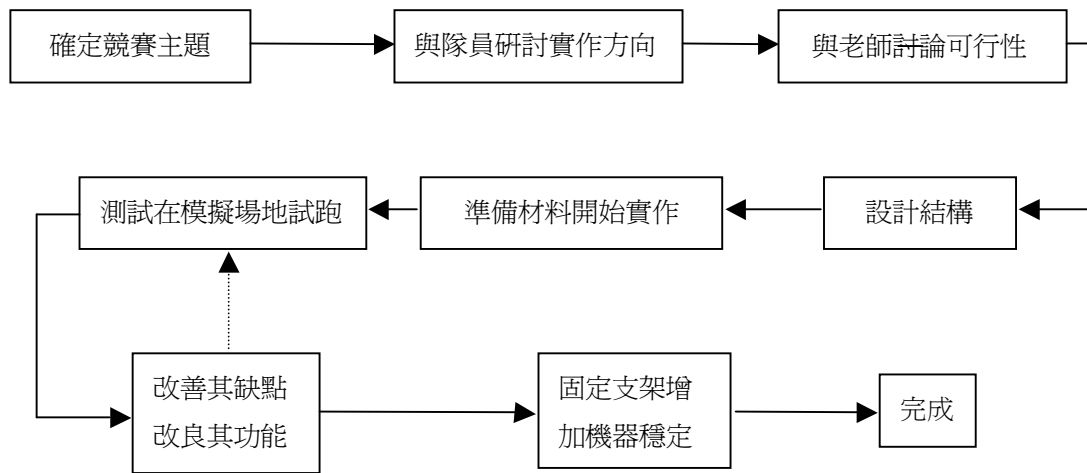


圖 9 機器人之兩個角度外觀照片

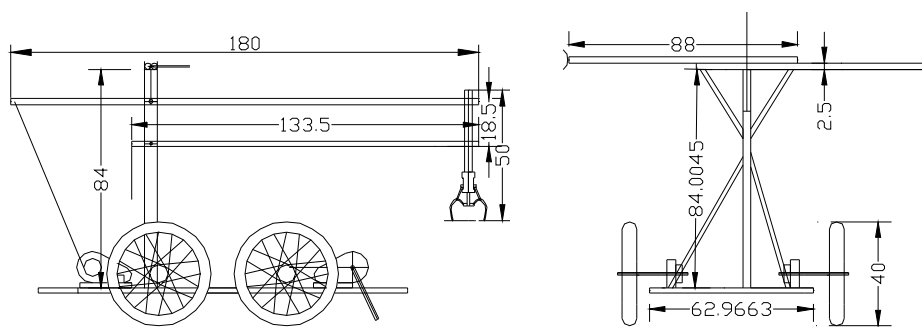


圖 10 機器人之機械設計圖樣 (側視圖與正視圖)

誌謝

本組線控機器人特別感謝教育部及 TDK 文教基金會所舉辦的創思設計競賽，讓全國英雄好漢能有機會整合所學，並齊聚一堂共同切磋，以及系上經費的支持，學校的鼓勵。

參考文獻

1. 第三屆全國技專院校創思設計與製作競賽技術論文集，雲林科技大學（2000）。
2. 郭興家、邱弘興，機電整合，高立圖書有限公司，台北（1997）。